



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 62 589 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 N 37/00**  
G 01 N 33/497  
G 01 N 33/00  
G 01 N 21/61  
G 01 N 21/35  
A 61 B 5/08

21 Aktenzeichen: 199 62 589.1  
22 Anmeldetag: 23. 12. 1999  
43 Offenlegungstag: 19. 7. 2001

DE 199 62 589 A 1

71 Anmelder:  
ABB Patent GmbH, 68309 Mannheim, DE; Hölscher,  
Uvo M., Prof. Dr.-Phil., 48565 Steinfurt, DE  
74 Vertreter:  
Schmidt, M., Dipl.-Phys., 42579 Heiligenhaus

72 Erfinder:  
Fabinski, Walter, Dipl.-Ing., 65830 Kriftel, DE;  
Liedtke, Thomas, Dipl.-Phys., 61350 Bad Homburg,  
DE; Joks, Burkhard, Dr.rer.nat., 61250 Usingen,  
DE; Hölscher, Uvo, Prof. Dr., 48565 Steinfurt, DE

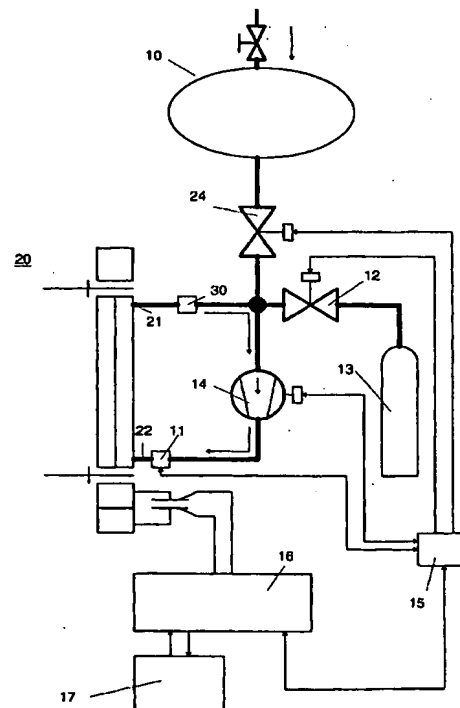
56 Entgegenhaltungen:  
DE 40 12 454 C1  
DE 197 31 889 A1  
DE 197 14 903 A1  
US 59 64 712  
EP 07 33 897 A2  
WO 98 30 888 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Einrichtung zur Messung eines Anteiles eines Messgases

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Messung eines Isotopenanteiles eines Meßgases, welches eines Gasgemisches ist, insbesondere das der Expirationsluft eines Patienten gemäß Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 11. Um hierbei zu erreichen, daß für die Applikation im medizintechnischen Bereich, das Meßverfahren sowie die Einrichtung dahingehend verbessert wird, daß beim zuvor eingestellten und ermittelten Kalibrationswert gemessen werden kann, ohne daß die Gasmatrix als solches bereits so erheblich verdünnt ist, daß der Meßeffect stark fehlerbehaftet wäre, ist erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß zur exakten Bestimmung des Anteiles, das Meßgas in einem temporär geschlossenen Gaszyklus mit mindestens einer Gaskomponente so weit und derart verdünnt wird, bis die resultierenden Anteile bzw. Partialdrücke der Meßgasbegleitgas-komponenten der Gaszusammensetzung des zuvor verwendeten Kalibriergases direkt, statt nur asymptotisch entspricht.



DE 199 62 589 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Messung eines Anteiles eines Meßgases, insbesondere in der Expirationsluft eines Patienten gemäß Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 11.

Verfahren und Einrichtungen dieser Art sind aus der DE 195 38 431 bekannt. Es werden Gasanalysatoren verwendet, die zur Messung von Konzentrationen bzw. Partialdrücken von Meßgaskomponenten optische Verfahren einsetzen, bei welchen die spezifische Wechselwirkung der Meßgaskomponente bei einer Durchstrahlung mit monochromatischem oder polychromatischem Licht eine Rolle spielt. Hierbei ist ein bekannter Vertreter die nichtdispersive Infrarotspektroskopie. Zur Realisierung einer entsprechenden Schmalbandigkeit werden bei nichtdispersiven Infrarotspektroskopieverfahren Empfänger eingesetzt, in denen das gleiche Empfänger gas eingesetzt ist, das dem zu messenden Meßgas oder der Meßgaskomponente entspricht. Ein Verfahren dieser Art ist aus der EP 0 584 897 A1 bekannt. Hierbei wird das nichtdispersive Infrarotspektroskopiemessverfahren zur selektiven Bestimmung eines Isotopenanteiles eines Meßgases eingesetzt.

Besonders interessant, insbesondere für die medizinische Anwendung ist das stabile Kohlenstoffisotop  $^{13}\text{C}$ . So werden einem Patienten für diverse Stoffwechseldiagnoseverfahren mit  $^{13}\text{C}$  markierte Stoffwechselprodukte verabreicht. Werden die besagten Stoffwechselprodukte aufgrund einer beispielsweise organisch vorliegenden Stoffwechselstörung nicht verstoffwechselt, erscheint in der Expirationsluft des Patienten das markierte Kohlenstoffisotop  $^{13}\text{C}$  als  $^{13}\text{CO}_2$  in erhöhter Konzentration. Hierbei gilt es nun, das  $^{13}\text{CO}_2$  vom üblichen  $^{12}\text{CO}_2$  zu unterscheiden, da das  $^{12}\text{CO}_2/^{13}\text{CO}_2$  Verhältnis in der normalen Expirationsluft durch die Gabe des nichtverstoffwechselten Stoffwechselproduktes  $^{13}\text{C}$  verändert wird. Die Schwingungsbanden von  $^{12}\text{CO}_2$  und  $^{13}\text{CO}_2$  überlappen sich zwar, jedoch haben die Moleküle Hyperfeinstrukturen, an denen sie unterschieden werden können. Hierzu bedarf es jedoch geeigneter Kalibrierverfahren, damit eine solche optische Methode überhaupt einsetzbar ist. Zur Meßaufgabe gehört auch der Nachweis kleinster Veränderungen der  $^{13}\text{CO}_2$ -Anteile.

Bei der Differenzierung der beiden Moleküle über ihre jeweilige Hyperfeinstruktur muß berücksichtigt werden, daß der Meßeffect abhängig von den Partialdrücken in dem aus mehreren Komponenten bestehenden Meßgas ist. Eine solche Abhängigkeit nennt man Trägergasabhängigkeit und spielt bei der Differenzierung des besagten Isotopes eine relevante Rolle.

Für den medizinischen Einsatz ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Expirationsluft eines Patienten eine von dem Kalibrierzustand abweichende Zusammensetzung hat. Da die Trägergasempfindlichkeit ein vom jeweiligen Partialdruckverhältnis abweichendes Meßergebnis erzeugt, muß bei der Kalibrierung eine bekannte Trägergasmatrix eingestellt werden, bei der dann die relevante Meßkomponente wie  $^{13}\text{CO}_2$  bzw. das Verhältnis von  $^{13}\text{CO}_2$  zu  $^{12}\text{CO}_2$  ermittelbar ist. Hierzu wird eine Gasprobe mit bekanntem  $^{13}\text{CO}_2$  Gehalt bzw. Verhältnis von  $^{13}\text{CO}_2$  und  $^{12}\text{CO}_2$  mit  $\text{CO}_2$  freier Umgebungsluft verdünnt. Dabei liegt das Verhältnis R zwischen  $\text{O}_2$  und  $\text{N}_2$  immer in der Nähe von  $R_L = 20,95/79,05$ .

Nur bei entsprechendem Partialdruckverhältnis bzw. Volumenverhältnis ist ein fixer Kalibrierpunkt vorgegeben. Der durch die Trägergasmatrix erzeugte signaltechnische Offset wird hierdurch ermittelt und wird wiederum bei der späteren Messung berücksichtigt.

Für den Einsatz im medizinischen Diagnostikbereich sind

folgende Sachverhalte zu berücksichtigen. Ein Mensch bzw. ein Patient mit intakten Vitalfunktionen atmet in einer Gasmatrix, wie eben geschildert, knapp 21 Vol. % Sauerstoff und etwa 79% Stickstoff incl. Edelgase ein, und verstoffwechselt den eingeatmeten Sauerstoff, so daß die Expirationsluft des Patienten einen von 21 Vol. % Sauerstoff kleineren Anteil hat und die Differenz nunmehr zum Teil durch  $\text{CO}_2$  substituiert ist. Würde der Patient nunmehr die so zusammengesetzte Expirationsluft erneut einatmen, so würde der Sauerstoffanteil zu Gunsten des  $\text{CO}_2$ -Anteiles weiter fallen.

Somit ergibt sich, daß bei einer Kalibrierung mit Luft lediglich eine Kalibration bei dem besagten  $R_L$  gegeben ist.

In einem weiteren Fall kann es möglich sein, daß beispielsweise ein Intensivpatient eine Gasmatrix einatmet, die in ihrem Partialdruckverhältnis nicht dem von Luft entspricht, da beispielsweise hochdosierter oder sogar reiner Sauerstoff zum Einatmen verabreicht wird. Demnach ist natürlich die Expirationsluft des Patienten erheblich höher mit Sauerstoff befrachtet, als dies bei Atmung in normaler Luft gegeben wäre.

Aufgrund der eingangs bereits geschilderten Trägergasabhängigkeit ist die Messung in keinem der genannten Fälle exakt durchführbar, da keine Kalibrationsbasis vorliegt. Demzufolge ist die Messung entsprechend trägergasfehlerbehaftet. Die zuverfügbare Kalibration ist hier unbrauchbar.

Es ist außerdem bekannt, die besagte Expirationsluft mit Luft zu verdünnen bzw. zu ergänzen, um zumindest in die Nähe des Kalibrationspunktes, also des Partialdruckverhältnisses in der genannten Trägergasmatrix zu kommen. Nachteilig ist hierbei jedoch, daß durch das fest vorgegebene Partialdruckverhältnis zwischen Sauerstoff und Stickstoff in Verdünnungsluft, bei dem zwar kalibriert wurde, jedoch in ein anderes Gas eingemischt wird, es lediglich zu einer asymptotischen Annäherung an das Kalibrations-R kommt. Irgendwann, das heißt bei entsprechend großer Zudosierung wird zwar bei erheblicher Zumischung von Luft das besagte Kalibrationsverhältnis von  $R = 20,95$  Sauerstoff:  $79,05$   $\text{N}_2$  incl. Edelgase angenähert, jedoch ist das Meßgas nunmehr so weit verdünnt, daß der Meßeffect bzw. der absolute Meßausschlag so stark reduziert ist, daß man sich bereits im Bereich erheblicher Meßfehler aufhält.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde bei einem Verfahren sowie einer Einrichtung der eingangs genannten Art, insbesondere für die Applikation im medizinischen Bereich, das Meßverfahren sowie die Einrichtung dahingehend zu verbessern, daß beim zuvor eingestellten und ermittelten Kalibrationswert gemessen werden kann, ohne daß die Gasmatrix als solches bereits so erheblich verdünnt ist, daß der Meßeffect stark fehlerbehaftet wäre.

Die gestellte Aufgabe ist bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den nachfolgenden abhängigen Ansprüchen 2 bis 10 angegeben.

Hinsichtlich einer Einrichtung der gattungsgemäßen Art ist die gestellte Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 11 gelöst.

Weitere vorteilhafter Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Einrichtung sind in den übrigen abhängigen Ansprüchen angegeben.

Kern der verfahrensgemäßen Erfindung ist, daß zur exakten Bestimmung des Isotopenanteiles das Meßgas in einem temporär geschlossenen Gaszyklus mit mindestens einer Komponente soweit verdünnt wird, bis ein oder mehrere resultierende Anteile bzw. Partialdrücke der Meßgasbegleit-

gaskomponenten soweit wie möglich der Zusammensetzung des zuvor verwendeten Kalibrierungsgases entspricht.

Darüber hinaus kann diese Übereinstimmung dadurch vereinfacht werden, in dem ein Kalibrierungsgas mit bekannter Zusammensetzung mit einem Gas bekannter Zusammensetzung vermischt wird, um dadurch eine Vielzahl von Kalibrierungsgasen zu erzeugen. Dadurch entsteht eine Vielzahl von möglichen Kalibrierdaten, von denen die am besten passende ausgewählt werden kann.

Hierbei wird im Gegensatz zum genannten Stand der Technik nicht mehr die gesamte ursprüngliche Gasmatrix des Meßgases, beispielsweise  $O_2$  und  $N_2$  in Luft als Verdünnung zugegeben, sondern nur noch die Komponente im Überschuß. Am Beispiel von Luft als Trägergasmatrix des Kalibrierungsgases, wobei man beispielsweise von einem Intensivpatienten mit einem sehr hohen Sauerstoffanteil in der Expirationsluft ausginge, würde man mit  $N_2$  statt mit Luft verdünnen. Dies hat zur Folge, daß man mit lediglich kleinen Gasmengen und somit einer lediglich kleinen Verdünnung des Meßgases die Trägergasmatrix sehr schnell in Richtung des Kalibrations- $R_L$ , also dem von Luft, herankommt. Die Annäherung erfolgt dabei auch nicht asymptotisch, wie bei der Verdünnung durch Luft, sondern man schneidet dieses genannte Verhältnis  $R$  an einem definierten Punkt. An diesem Kalibrationspunkt ist die Verdünnung bezogen auf die zu messende Meßgaskomponente noch nicht erheblich relevant, so daß noch hohe Absolutmeßsignale des Meßgases, beispielsweise  $13\ CO_2$  ermittelbar sind. Da im medizinischen Anwendungsfall oftmals die Sauerstoffkonzentration höher liegt, weil beispielsweise Intensivpatienten mit einem erhöhten Sauerstoffanteil beatmet werden, ist das Zumischen oder Verdünnen durch die jeweils schwächer vertretene Komponente, in dem Falle Stickstoff, in der beschriebenen Weise sehr effizient. Konsequenterweise lassen sich jedoch auch Anwendungsfälle konstruieren, in denen der Patient Normalluft atmet, die also im eingeatmeten Zustand der Gaszusammensetzung am Kalibrationspunkt ähnelt. Die Expirationsluft ist dabei im Sauerstoffanteil jedoch niedriger, zu Gunsten eines Anstieges von  $CO_2$ .

Damit ist das Trägergas, wiederum abweichend von der Gasmatrixzusammensetzung am Kalibrationspunkt. In diesem Falle ist Sauerstoff schwächer vertreten, und eine Zudosierung von reinem Sauerstoff führt sehr rasch zum Erreichen der Trägergaszusammensetzung beim Kalibrations- $R$ , nämlich wieder 20,95 Vol. % Sauerstoff. Auf diese Weise wird mit einer minimierten notwendigen Verdünnungsgasmenge das Absolutsignal der Meßgaskomponente im Gesamtträgergashintergrund nur minimal reduziert. Dafür ist aber die Korrektur aus der Kalibrierung optimal.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch auch anwendbar auf andere Trägergase und natürlich auch andere Meßgase, als die hier beispielhaft genannten für den medizinischen Einsatzfall. In einem solchen Falle ist immer konsequenterweise wie in der oben dargestellten Art vorzugehen. Bei einer bestimmten festen Trägergaszusammensetzung, die zudem bekannt ist, wird ein Kalibrationspunkt eingestellt. Variiert nun im zu analysierenden Gas das Trägergas und natürlich das Meßgas oder die Meßgaskomponente, so kann die trägergasabhängige Variation des Meßwertes eliminiert werden dadurch, daß man wiederum in der geeigneten Weise mit der in der Trägergasmatrix schwächer vertretenen Komponente als im Kalibrations- $R$  nun die besagte Trägergaskomponente hinzumischt, bis man wieder die Zusammensetzung des Kalibrationsgases hat. Der dadurch bedingte trägergasabhängige Offset ist nunmehr bekannt und auch für die jeweilige Meßsituation zutreffend und kann linear vom Meßwert abgezogen werden. Übrig bleibt dann der reine meßgasabhängige Meßwert.

Bei einer erfindungsgemäßen Einrichtung dieser Art ist es erfindungsgemäß so realisiert, daß die Meßküvette in einen temporär geschlossenen Gaskreis eingebunden ist, welcher zur Erreichung eines stationären Gaszustandes homogener Zusammensetzung permanent umgepumpt wird. Über einen Bypass ist Meßgas einlaßbar sowie über einen weiteren Bypass sind Verdünnungsgase in diesen geschlossenen Gaskreislauf einbringbar. Hierdurch können gute und stationäre Verhältnisse eingestellt werden und die Messung ist für ein gegebenes Gasvolumen dann am genauesten. Die Einbringung des Meßgases sowie auch der Verdünnungsgase erfolgt über entsprechend Feindosierelemente, wobei entsprechende Gassensoren im Meßgaskreislauf notwendig sind, um die besagten Trägergasverhältnisse gemäß Kalibrationspunkt auch reproduzierbar durch Verdünnung einstellen zu können.

Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und nachfolgend näher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 Prinzipieller Aufbau der erfindungsgemäßen Anordnung.

Fig. 2 Diagramm Sauerstoff, sowie Kohlendioxid in Abhängigkeit zu den Verdünnungsschritten.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemäßen Anordnung an der auch die Verfahrensweise ersichtlich ist. In einem Beutel oder einem Reservoir 10 wird in einem Ausführungsbeispiel eine Atemgasprobe eines Patienten gesammelt. Dieses Reservoir 10 wird an die Anordnung angeschlossen. Dargestellt ist desweiteren nur der schematische Aufbau eines nichtdispersiven Infrarotspektrometers 20. Die Meßküvette ist mit einem Gaseinlaß 21 und einem Gasauslaß 22 versehen. Ein- und Ausgänge werden über eine Pumpe 14 miteinander verbunden, so daß sich ein geschlossener und über die Ventile 12 und 24 auch nach extern schließbarer geschlossener Umpumpgaskreislauf ergibt. Hier nicht weiter dargestellt ist ein Gasauslaß dieses geschlossenen Gaskreislaufes, so daß, wenn die Ventile 12 und/oder 24 geöffnet werden, das entsprechende Teil des Probengases und/oder Verdünnungsgases abgelassen werden kann. Über die Pumpe 14 wird über die entsprechend einstellbaren Dosierventile 12 und 24 das Probengas und das Verdünnungsgas angesaugt und über einen hier nicht weiter dargestellten Gasaustritt aus dem Zyklus ein entsprechend stationärer Zustand innerhalb des Kreislaufes erzeugt. Wird beispielsweise über das Ventil 24 aus dem Reservoir 10 eine bestimmte Menge Atemgas angesaugt, so wird das besagte Ventil 24 geöffnet und ein hier nicht weiter dargestellter Gasaustritt im Gaszyklus stellt einen stationären Zustand her oder spült das System mit Meßgas. Sodann werden die Ventile geschlossen und über die laufende Pumpe 14 wird das Meßgas im besagten abgeschlossenen Rohrsystem ständig umgepumpt, um einen gleich verteilten homogenen Gaszustand auch innerhalb der Küvette zwischen Gaseintritt 21 und Gasaustritt 22 zu erzeugen. Desweiteren ist innerhalb des Kreislaufes ein Sauerstoffsensor 11 angeordnet, mit welchem der Sauerstoffgehalt des Meßgases bzw. sein Partialdruckanteil gemessen wird. Dabei werden die Dosierventile 12 und 24 sowie die Pumpe 14 und der Sauerstoffsensor 11 über ein Steuergerät 15 angesteuert. Wird über den Sauerstoffsensor 11 ein entsprechend vom Kalibrationspunkt abweichender Sauerstoffpartialdruck ermittelt, in den meisten Fällen höher als auf dem Kalibrationspunkt, immer dann, wenn die Patienten, deren Expirationsluft im Reservoir 10 gesammelt ist, mit einem höheren Sauerstoffpartialdruck beatmet werden, als dieser in Luft vorliegt. Sodann wird der Sauerstoffwert von Sensor 11 über das Steuergerät 15 erkannt bzw. eingelesen und daraufhin die entsprechende erfindungsgemäße Verdünnung bzw. der entsprechende Verdünnungsprozeß in die Wege geleitet. So wird vom Steuer-

gerät 15 ein entsprechendes Signal auf das Dosierventil 12 gegeben und aus dem Reservoir 13 wird beispielsweise Stickstoff in den Meßgaskreislauf eingespeist. Dabei können entweder diskrete Verdünnungsschritte durch wiederholtes Öffnen und Schließen des Ventiles erzeugt werden, oder es erfolgt eine kontinuierliche Verdünnung durch  $N_2$ . Wie später noch weiter dargestellt ist, wird nun die hoch Sauerstoff angereicherte Expirationsluft mit reinem Stickstoff soweit verdünnt, bis die Sauerstoffkonzentration bzw. der Sauerstoffpartialdruck eine Größe erreicht, bei welcher das Spektrometer kalibriert wurde. Üblicherweise findet die Kalibration in Luft statt mit einem Sauerstoffanteil in der Nähe von 20,95 Vol. %.

Ist nun das Meßgas soweit verdünnt, bis die besagte Sauerstoffkonzentration erreicht ist, so wird die gewünschte Meßgaskomponente, in diesem Ausführungsbeispiel der 13  $CO_2$ -Anteil bzw. das 13  $CO_2$ /12  $CO_2$ -Verhältnis gemessen, und der entsprechend bei der Kalibration ermittelte Korrekturwert davon subtrahiert.

Da innerhalb des Leitungssystems zwischen Meßküvettenausgang 21 und Meßküvettenausgang 22 in sich geschlossen ist, ist über die besagten Dosierventile 12 und 24 der besagte Meßzustand erreichbar und immer wieder reproduzierbar. Dieses Beispiel gilt für den Fall der Untersuchung der Expirationsluft von Intensivstationpatienten. Diesen wird häufig eine stark sauerstoffangereicherte Luft verabreicht, so daß der besagte Kalibrationspunkt bzw. eine entsprechende Messung am Kalibrationspunkt durch die entsprechende  $N_2$ -Verdünnung erreicht werden muß.

Die gesamte Meßeinrichtung wird über eine Auswertereinheit 16 gesteuert. Dieser Auswertereinheit 16 kommen auch die Detektorwerte des NDIR-Spektrometers 20 zu, werden jedoch innerhalb dieser Auswertereinheit 16 in Abhängigkeit der gesteuerten Zustände des beschriebenen Gaslaufsystems zugeordnet ausgewertet. Der Auswertereinheit 16 ist eine Speichereinheit 17 nachgeordnet, innerhalb der Kalibrationswerte zur Korrelation mit den ermittelten Meßwerten abgespeichert werden und überdies auch gesamte Meßprotokolle abspeicherbar sind. Überdies können Drucksensoren 30 vorgesehen sein, mit deren Hilfe die Meßbedingung wie im Kalibrationsfall eingestellt werden können.

Fig. 2 zeigt im oberen Bildteil den Sauerstoffpartialdruck in Abhängigkeit zu einer Anzahl n Verdünnungsschritten. Das gesamte Spektrometer ist kalibriert bei einem Partialdruckverhältnis zwischen Sauerstoff und Stickstoff in der Nähe von  $R = 20,95/79,05$ .

Die Kalibration ist in diesem Fall mit Luft durchgeführt. Der beim Kalibrationspunkt ermittelte Meßwert berücksichtigt die Trägergasabhängigkeit in der beschriebenen Weise und in dieser Gaszusammensetzung. Das erhaltene Kalibrationssignal wird als Offset vom späteren Meßsignal abgezogen, so daß die Differenz das trägergasbereinigte Meßsignal der Meßkomponente ist. Wie Fig. 2 darstellt, wird eine Meßgasprobe genommen von einem Patienten, der stark sauerstoffangereicherte Luft einatmet bzw. eine entsprechende Expirationsluft mit hohem Sauerstoffanteil ausatmet, der über dem von normaler Luft, also über einem Volumenanteil von 20,95 Vol. % liegt. Sodann wird in der beschriebenen Weise mit Stickstoff verdünnt. Der reine Stickstoff wird dabei entweder in diskreten Schritten oder quasi kontinuierlich zugeführt. In Abhängigkeit zu einer Anzahl n Verdünnungsschritten sinkt der Sauerstoffgehalt bzw. der Sauerstoffpartialdruckanteil, bis er die Kalibrations- $O_2$ -linie schneidet, bei dem kalibriert wurde. Die Annäherung an die Kalibrationslinie ist wegen des reinen Stickstoffs, der zugemischt wird statt Luft, nicht asymptotisch sondern der  $O_2$ -Gehalt schneidet an einem gewissen Punkt die Kalibrationslinie. Hierdurch wird erreicht, daß zu einem frühen Zeit-

punkt mit noch relativ geringer Verdünnung gegenüber der Meßkomponente, die hierbei beispielsweise 13  $CO_2$  ist, gemessen werden kann.

Selbstredend ist natürlich der Meßgasanteil oder das Meßgasverhältnis 13  $CO_2$  zu 12  $CO_2$  über die gesamten Verdünnungsschritte hinweg konstant, was im mittleren Diagramm der Fig. 2 gezeigt ist. Würde eine Verdünnung nur mit Luft vorgenommen, so würde sich der Verlauf der Kurve asymptotisch an die Kalibrationslinie annähern. Dies hätte zur Konsequenz, daß nur bei entsprechend hinreichend großer Verdünnung eine hinreichende Annäherung an die Kalibrationslinie erreicht würde. Bei dieser großen Verdünnung wäre der Absolutanteil von 13  $CO_2$  so stark verdünnt, daß das Absolutsignal stark fehlerbehaftet wäre. Aus diesem Grund ist ein sehr frühes Erreichen des Kalibrationspunktes mit einer entsprechend erfindungsgemäßen vorgenommenen Verdünnung mit der reinen Gaskomponente entsprechend wirksamer und es kann zu einem früheren Zeitpunkt gemessen werden.

Das untere Diagramm zeigt noch einmal die Abhängigkeit der Meßgaskomponente  $CO_2$  in Abhängigkeit von den Verdünnungsschritten. Natürlich wird das Absolutsignal kleiner, mit zunehmender Verdünnung, von daher ist jedoch ein sehr frühes Erreichen der Kalibrationslinie von großer Bedeutung. Nochmals sei wiederholt, daß durch die Verdünnung mit reinem Stickstoff die Kalibrationslinie geschnitten wird, während dem über eine Verdünnung durch Luft an dieselbe nur asymptotisch angenähert wird. Im zweitgenannten Falle wird die Verdünnung so groß, daß das Absolutsignal  $CO_2$  zu klein und damit zu stark fehlerbehaftet wird.

Im oben genannten Ausführungsbeispiel wird die Expirationsluft von Intensivpatienten, die stark sauerstoffangereicht ist, gemessen. Werden dagegen Atemgasproben verwendet, bei denen die Expirationsluft hinsichtlich des Sauerstoffanteils deutlich unter der Kalibrationslinie liegt, das heißt beispielsweise bei einem Sauerstoffanteil von 16%, so empfiehlt sich die Verdünnung mit reinem Sauerstoff, um möglichst rasch die Kalibrationslinie bei 20,95 Vol. % Sauerstoff zu erreichen.

Grundsätzlich läßt sich somit sagen, daß auch für andere Gaszusammensetzungen, für andere Trägergasmatrizen und andere Meßgaskomponenten die Verdünnung immer so vorgenommen werden sollte, daß die gegenüber dem Kalibrationsgas im Meßgas geringer vertretene Komponente zur verdünnenden Zumischung verwendet wird. Das heißt im zuerst genannten Falle bei einem weit überhöhten Sauerstoffanteil, sollte die Zumischung durch reinen Stickstoff erfolgen, währenddem bei einem unter der Kalibrationslinie liegenden Sauerstoffgehalt mit Sauerstoff verdünnt werden sollte. In beiden genannten Fällen wird sehr rasch die Kalibrationslinie erreicht.

Insgesamt sind auch andere Meßgasmatrizen möglich, in der jedoch immer wieder mit der oben dargestellten Systematik verdünnt wird, um die Kalibrationslinie zu erreichen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung eines Anteiles eines Meßgases, welches Bestandteil eines Gasgemisches ist, insbesondere das der Expirationsluft eines Patienten, dadurch gekennzeichnet, daß zur exakten Bestimmung des Anteiles, das Meßgas in einem temporär geschlossenen Gaszyklus mit mindestens einer Gaskomponente so weit und derart verdünnt wird, bis ein oder mehrere resultierende Anteile bzw. Partialdrücke der Meßgasbegleitgaskomponenten der Gaszusammensetzung des zuvor verwendeten Kalibriergases entsprechen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, daß das verwandte Spektroskopieverfahren die nichtdispersive Infrarotspektroskopie ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Isotopenanteil  $^{13}\text{CO}_2$  zu  $^{12}\text{CO}_2$  im Verhältnis gemessen wird. 5

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verdünnung des Meßgases durch diejenige Komponente vorgenommen wird, die geringer vertreten ist, bzw. in ihrer Zusammensetzung unterhalb des Kalibrationszusammensetzung liegt. 10

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der geschlossene Meßgaskreislauf durch Kreispumpungen umgewälzt wird. 15

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des geschlossenen Meßgassystems eine Bestimmung der Begleitgaskomponenten erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierung mittels einer Eichkurve abgespeichert und bei Verdünnung bis Kalibriergaszusammensetzung durch Korrektur des bekannten Trägergasoffsets in jede Messung einfließt. 20 25

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßgas Expirationsluft von Patienten im medizinischen Bereich verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßgas als Expirationsluft bzw. Atemgas aus Beuteln oder Reservoiren ins System gesaugt wird. 30

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine elektronische Interpolation der Eichkurve bzw. der Kalibrationskurve vorgenommen wird. 35

11. Einrichtung zur Messung eines Anteils eines Meßgases, welches Bestandteil eines Gasgemisches ist, insbesondere das der Expirationsluft eines Patienten, mit Hilfe einer optischen Spektroskopieeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßküvette der Spektroskopieeinrichtung (20) in einem geschlossenen Gaskreislauf im Umpumpverfahren angeordnet ist und daß der besagte Gaskreislauf mit Bypässen für den Meßgaseinlaß und den Verdünnungsgaseinlaß versehen ist. 40 45

12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß Drucksensoren (30) vorgesehen sind.

13. Einrichtung nach einer der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sauerstoffsensor (11) innerhalb des geschlossenen Gaskreislaufes der Meßküvette vorgesehen ist. 50

14. Einrichtung nach einer der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Gaseinlässe über Regelelemente (12, 24) vorgesehen sind, welche über eine Steuereinheit (15) über die Auswertereinheit (16) der Spektroskopieeinrichtung ansteuerbar sind. 55

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

- Leerseite -

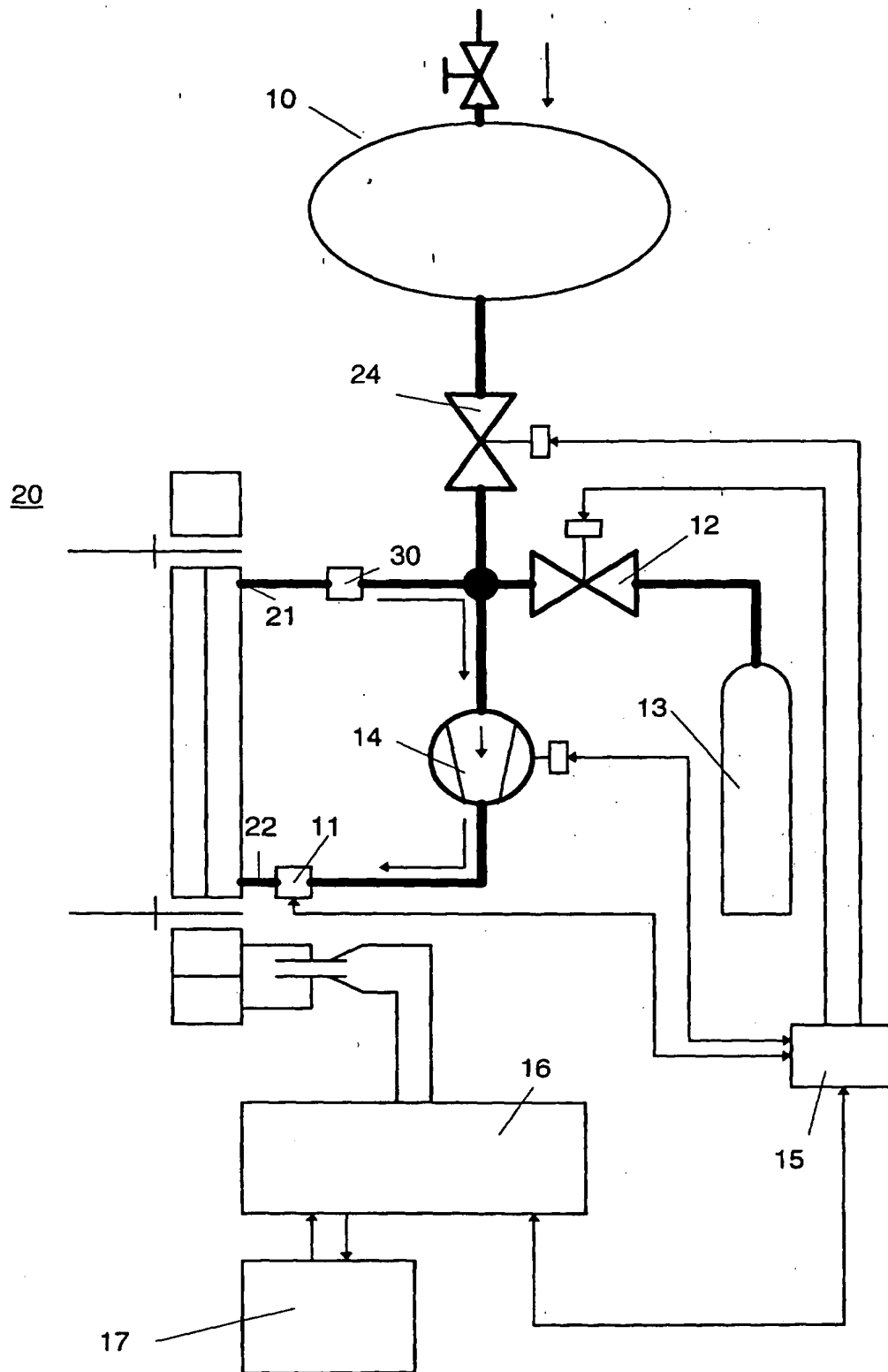


Fig. 1

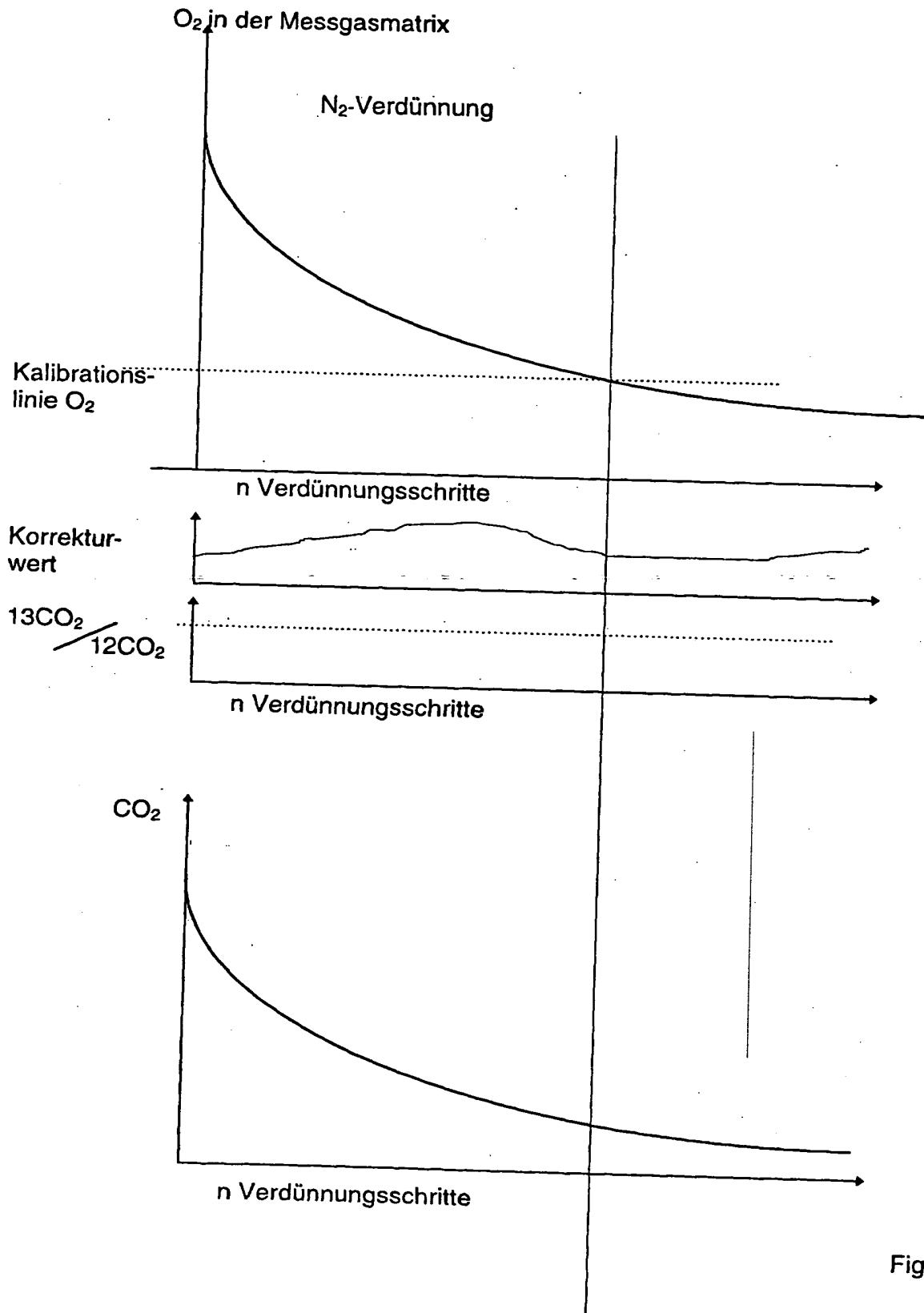


Fig.2